

(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 239 304 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
11.09.2002 Bulletin 2002/37

(51) Int Cl.7: G01V 1/30

(21) Numéro de dépôt: 02290520.2

(22) Date de dépôt: 04.03.2002

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Etats d'extension désignés:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 05.03.2001 FR 0102962

(71) Demandeur: COMPAGNIE GENERALE DE  
GEOPHYSIQUE  
F-91300 Massy (FR)

(72) Inventeur: Guillaume, Patrice  
91400 Orsay (FR)

(74) Mandataire: Callon de Lamarck, Jean-Robert et al  
Cabinet Régimbeau  
20, rue de Chazelles  
75847 Paris cedex 17 (FR)

(54) **Perfectionnements aux procédés d'inversion tomographique d'événements pointés sur les données sismiques migrées**

(57) Procédé d'inversion d'événements pointé sur la sismique migrée en profondeur, caractérisé en ce qu'on détermine par migration profondeur avant addition une collection de traces se réfléchissant à l'aplomb d'un point de surface donné et on met en oeuvre sur cette collection de traces un traitement qui sélectionne une paramétrisation du champ de vitesse qui optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir de ladite collection de traces.

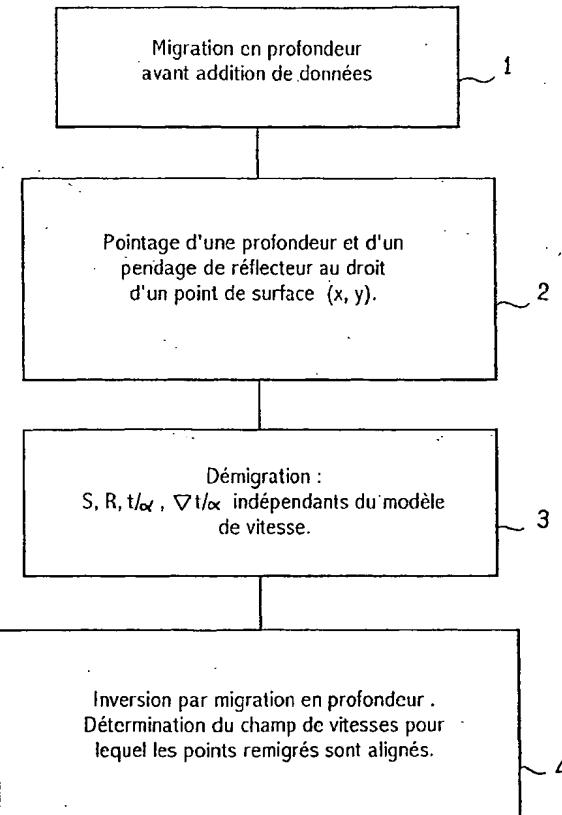


FIG.1

## Description

[0001] La présente invention est relative aux procédés d'inversion tomographique d'événements pointés sur des traces sismiques.

[0002] Pour reconstruire des images du sous-sol, les géologues ou géophysiciens utilisent classiquement des émetteurs acoustiques placés par exemple en surface. Ces émetteurs émettent des ondes qui se propagent dans le sous-sol et se réfléchissent sur les surfaces des différentes couches de celui-ci (réflecteurs). Les ondes acoustiques réfléchies vers la surface sont enregistrées en fonction du temps par des récepteurs. Les signaux enregistrés par les récepteurs sont appelés traces sismiques.

[0003] On sait classiquement pointer sur de telles traces sismiques des portions qui correspondent à la réflexion d'impulsions acoustiques émises en surface et qui correspondent à des réflecteurs d'intérêt, ainsi que déterminer les temps de trajet qui correspondent à ces réflexions.

[0004] Les techniques d'inversion tomographique consistent à déterminer, en fonction des traces sismiques acquises et d'une sélection d'événements, des modélisations des champs de vitesse dans le sous-sol.

[0005] De nombreuses techniques d'inversion sont déjà connues.

[0006] Il est en particulier classiquement connu d'inverser les temps d'arrivée des ondes réfléchies et notamment de déterminer le champ de vitesse dans le sous-sol en minimisant l'écart entre les temps d'arrivée observés et les temps d'arrivée modélisés, ces derniers étant calculés par tracé de rais, dans le modèle d'inversion, entre les émetteurs et les sources.

[0007] L'inversion des temps de trajets s'avère difficile à mettre en oeuvre dans le cas de structures géologiques complexes, du fait notamment d'un manque de discrimination des arrivées multiples.

[0008] D'autres techniques d'inversion tomographique sont des techniques qui mettent en oeuvre des migrations en profondeur.

[0009] Une migration en profondeur avant addition des données sismiques consiste à déterminer pour chaque position  $x, y$  de surface une collection de traces migrées portant des événements qui décrivent le sous-sol à l'aplomb de ladite position de surface ( $x, y$ ). Une telle collection de traces est généralement rangée par classes de distances source-récepteur (distances également appelées distances de départ ou d'offset) et également par classes d'angles spéculaires croissants, et plus rarement par classes d'orientation du segment source-récepteur.

[0010] Lorsque le modèle de vitesse utilisé reflète correctement la réalité, la profondeur associée à un événement se réfléchissant à l'aplomb d'une position de surface est sensiblement constante quelle que soit la distance de départ ou l'orientation de la trace considérée (ou encore l'angle spéculaire).

[0011] Des procédés d'inversion tomographique en profondeur utilisent cette caractéristique pour définir le critère d'inversion à minimiser.

[0012] Notamment, il a été proposé dans :

- "Velocity analysis by iterative profile migration" - Kamal Al-Yahya - Geophysics, Vol. 54, n°6, 1989, p. 718-729

un procédé d'inversion dans lequel on détermine le modèle de vitesse du sous-sol en minimisant l'écart à l'horizontalité de la courbe profondeur/distance d'une collection de traces migrées.

[0013] La mise en oeuvre de cette technique suppose que plusieurs migrations en profondeur soient effectuées, ce qui est particulièrement fastidieux à mettre en oeuvre lorsque plusieurs itérations sont nécessaires pour converger.

[0014] Un but de l'invention est de proposer une technique d'inversion qui réduit sensiblement le nombre de migrations profondeur à effectuer pour construire un modèle optimum et ne nécessite pas une puissance de calcul importante.

[0015] Elle propose à cet effet un procédé pour la mise à jour d'un modèle de vitesse d'un sous-sol, selon lequel :

- on met en oeuvre sur un ensemble de traces sismiques acquises au droit dudit sous-sol une migration profondeur avant addition des données, cette migration étant mise en oeuvre à l'aide d'au moins un modèle de vitesse de départ et permettant de déterminer une ou plusieurs collections de traces qui décrivent chacune le sous-sol à l'aplomb d'un point de surface,
- on pointe sur au moins une collection de traces obtenue à l'aide de cette migration un ou plusieurs événements qui se réfléchissent à l'aplomb du point de surface considéré et on détermine pour chaque événement pointé une profondeur et un pendage de réflecteur et un pendage de réflecteur au droit dudit point de surface,
- on met en oeuvre un tracé de rais entre ce réflecteur et la surface pour déterminer des collections de couples source acoustique-récepteur, ainsi que données caractéristiques des temps de trajet et des gradients temps qui correspondent aux tracés de rais associés à ces couples,

caractérisé en ce qu'on met ensuite en oeuvre un traitement selon lequel on itère les étapes consistant à :

- migrer cinématiquement des données de temps de trajet et de gradient temps obtenues précédemment à l'aide d'une paramétrisation du champ de vitesse,
- caractériser l'alignement des points migrés ainsi obtenus,

- mettre à jour la paramétrisation,

le traitement sélectionnant la paramétrisation de champ de vitesse qui optimise l'alignement desdits points migrés.

[0016] Les trois étapes précédentes peuvent être répétées jusqu'à l'obtention d'un alignement jugé suffisant.

[0017] On notera que le traitement de sélection de la paramétrisation du champ de vitesse ainsi proposé ne nécessite pas d'effectuer systématiquement une migration profondeur des données sismiques (fort couteuse) après chaque mise à jour des vitesses.

[0018] On comprend par conséquent que le procédé proposé par l'invention peut être mis en oeuvre sans nécessiter des puissances de calcul importantes.

[0019] Dans une mise en oeuvre avantageuse, la migration en profondeur avant addition des données est mise en oeuvre pour une pluralité de champs de vitesses (CRP scan par exemple) et pour déterminer la profondeur et le pendage du réflecteur, on sélectionne celui de ces champs de vitesses qui minimise l'écart à l'horizontalité de la courbe profondeur/distance de départ ou de la courbe profondeur/angle spéculaire.

[0020] Par ailleurs, la profondeur de réflecteur peut être avantageusement déterminée pour différents départs ou angles spéculaires.

[0021] Selon un mode de mise en oeuvre préféré possible, pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse qui optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données de temps et de gradient temps, on détermine la distance entre les portions de réflecteur vues pour différents départs de la collection, la paramétrisation de champ de vitesse sélectionnée étant celle qui minimise cette distance.

[0022] Selon un autre mode de mise en oeuvre, pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse qui optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données de temps et de gradient temps, on détermine les différences de profondeurs entre des points d'interception entre une verticale donnée et des portions de réflecteur qui sont parallèles au réflecteur mis à jour précédemment et qui passent par les nouveaux points migrés, la paramétrisation de champ de vitesse sélectionnée étant celle qui minimise cette différence.

[0023] En variante encore, les pendages considérés pour chaque départ d'une même collection peuvent ne pas être parallèles, auquel cas ils peuvent être déterminés à partir des rais.

[0024] Egalement, on peut mettre en oeuvre les étapes suivantes pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse :

- on détermine pour un point migré un réflecteur passant par celui-ci,
- on trace les rais entre ce point migré et la surface et
- on détermine une erreur temporelle qui est fonction

de l'écart entre le temps de trajet correspondant à au moins un de ces rais et le temps de trajet de la trace qui dans la collection correspond à la même distance de départ ou au même angle spéculaire,

- 5 - on sélectionne une paramétrisation de champ de vitesse qui minimise cette erreur temporelle et optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données temps et de gradient temps.

10 [0025] En variante ou en complément, on peut également mettre en oeuvre les étapes suivantes :

- on détermine pour un point migré un réflecteur passant par celui-ci,
- 15 - on trace les rais entre ce point migré et la surface et
- on détermine une erreur temporelle qui est fonction de l'écart entre le gradient de temps de trajet correspondant à au moins un de ces rais et le gradient de temps de trajet de la trace qui dans la collection correspond à la même distance de départ ou au même angle spéculaire,
- on sélectionne une paramétrisation de champ de vitesse qui minimise cette erreur temporelle et optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données de temps et de gradient temps.

20 [0026] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un organigramme qui illustre un mode de mise en oeuvre possible pour l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique d'un sous-sol illustrant la mise en oeuvre de certaines étapes du traitement de la figure 1 ;
- la figure 3 est une représentation schématique illustrant d'autres étapes.

25 [0027] Le traitement illustré sur la figure 1 comporte une première étape 1 qui consiste à migrer en profondeur les données sismiques pour déterminer pour un point de surface de coordonnées X, Y données les événements qui sur une collection de traces sismiques correspondent à une réflexion à l'aplomb de ce point.

[0028] Cette migration est déterminée avec un modèle initial de vitesse de sous sol. Ce modèle peut être constitué en plusieurs couches.

[0029] Pour chacune des couches de ce modèle initial, le champ de vitesse est par exemple du type

$$V(x,y,z) = (V_0(x,y) + k(x,y) * z) * A_n(\epsilon, \delta, 0, \text{phase})$$

30 où :

- x, y et z sont les coordonnées du point du sous-sol que l'on considère, z étant la profondeur ;

- $V(x, y, z)$  est la vitesse acoustique au point de coordonnées  $x, y, z$  du sous-sol ;
- $V_0(x, y)$  et  $k(x, y)$  sont deux fonctions qui dépendent des coordonnées  $x$  et  $y$  ;
- $A_n(\epsilon(x, y), \delta(x, y), \theta)$  étant un terme décrivant l'anisotropie et pouvant dépendre de  $x$  et  $y$ , où  $\epsilon, \delta$  sont par exemple les paramètres d'anisotropie faible décrits par Thomsen (Geophysics 1986), et où  $\theta$  est l'angle de phase décrivant la direction de propagation des ondes.

**[0030]** Le traitement de migration profondeur avant addition peut également avantageusement être mis en oeuvre pour une pluralité de modèles de vitesse correspondant à différentes perturbations possibles par rapport au modèle de vitesse initial.

**[0031]** Ces perturbations sont par exemple de type linéaire et fonction d'un coefficient de perturbation auquel on donne différentes valeurs pour disposer de différents modèles voisins du modèle de champ de vitesse initial. La perturbation peut s'appliquer soit à une seule couche, soit à l'ensemble du modèle.

**[0032]** Pour reprendre l'exemple de modèle de vitesse initial donné précédemment, un modèle de vitesse perturbé pourra être :

$$V_\alpha(x, y, z) = (\alpha V_0(x, y) + K(x, y)*z)*A_n$$

dans le cas d'une perturbation appliquée uniquement à une couche ou

$$V_\alpha(x, y, z) = \alpha*(V_0(x, y) + K(x, y)*z)*A_n$$

dans le cas d'une perturbation appliquée uniquement à l'ensemble du modèle, où  $\alpha$  est le paramètre de perturbation et à une valeur qui varie par exemple de 0,8 à 1,2.

**[0033]** Cette technique de balayage de plusieurs modèles de vitesse au moyen d'un coefficient linéaire est appelée "CRP-scan" et a par exemple été décrite dans le cas de migration 3D dans l'article suivant :

- Audebert, Diet, Zhang, "CRP-scans for 3D pre-stack Depth Migration : A powerful combination of CRP-gathers and velocity scan", SEG, 1996, Expanded Abstracts - p.515-518.

**[0034]** Après migration, on détermine dans une deuxième étape (étape 2 sur la figure 1) la profondeur et le pendage du réflecteur que l'on cherche à mettre à jour à l'aplomb du point de surface de coordonnées  $x, y$  considéré.

**[0035]** Dans le cas où plusieurs modèles de vitesses ont été balayés, on pointe celui de ces modèles qui correspond à l'écart à l'horizontalité de la courbe profondeur/distance d'offset le plus faible, la profondeur  $Z\alpha$  et

le pendage  $D\alpha$  que l'on détermine pour le réflecteur étant alors fonction du modèle ainsi pointé.

**[0036]** Une fois ce pendage et cette profondeur déterminée, on met en oeuvre avec le modèle de vitesse considéré (celui du coefficient linéaire  $\alpha$  qui correspond à l'écart à l'horizontalité le plus faible) un traitement inverse d'un traitement de migration.

**[0037]** Ce traitement - appelé traitement de démigration (figure 2) - consiste en des tracés de rais pour chaque dépôt et en fonction de l'orientation source-récepteur à partir d'un réflecteur (réflecteur Ref sur la figure) qui correspondrait à la profondeur (fonction du dépôt) et au pendage que l'on a déterminé à l'aplomb du point de surface de coordonnées  $x, y$ .

**[0038]** Les données obtenues par ce tracé de rais inverse du réflecteur vers la surface ont l'avantage d'être totalement indépendantes du modèle de vitesse considéré. Ces données sont notamment les positions à la surface des couples source-récepteur ( $S, R$ ) correspondant à une réflexion sur le réflecteur Ref, ainsi que les temps de trajets et les gradients temps qui correspondent aux rais calculés, ces temps de trajet et gradients temps étant indépendants du modèle de vitesse considéré lorsqu'ils sont rapportés au coefficient  $\alpha$  dans lequel le traitement de démigration a été mis en oeuvre ( $t/\alpha$  et  $\nabla t/\alpha$  sur la figure 2 dans le cas d'une perturbation appliquée au modèle).

**[0039]** On pourra à cet égard avantageusement se rapporter à l'article : Audebert, Diet, Guillaume, Jones, Zhang - CRP-scans : "3D PreSDM Velocity Analysis via Zero Offset Tomographic Inversion" - 1997 - Expanded Abstracts - Soc. Expl. Geophys. - pp. 1805-1808.

**[0040]** Dans une étape suivante (étape 4 sur la figure 1), on met en oeuvre avec les données ainsi obtenues un traitement consistant, pour une distance d'offset  $h$  choisie, à migrer par tracé de rais pour déterminer le point de réflexion du couple source/récepteur  $S, R$  qui correspond à cette distance d'offset  $h$  et qui honore les temps de trajet et les gradients temps préalablement constitués.

**[0041]** Cette migration cinématique est faite soit dans le modèle de migration, soit après avoir introduit une perturbation sur le modèle de vitesse utilisé dans l'étape 3 de démigration.

**[0042]** Comme l'illustre la figure 3, cette nouvelle migration permet de déterminer un nouveau point migré  $P_{mi}$ , ce point étant défini par sa profondeur  $Z_{mi}$ , ainsi que par les coordonnées  $X_i, Y_i$  qui correspondent aux coordonnées du point de surface à l'aplomb duquel ce point  $P_{mi}$  se trouve.

**[0043]** Cette migration est mise en oeuvre pour différentes distances d'offset - ou différents angles spéculaires, ce qui est équivalent - de la collection de traces obtenue à l'issue de l'étape 3.

**[0044]** Comme l'illustre la figure 3, les différents points migrés (en l'occurrence  $P_{mi}, P_{m'i}$ ) obtenus pour ces différentes distances d'offset (en l'occurrence  $h, h'$ ) - ou ces différents angles spéculaires - sont dispersés

latéralement et ne sont pas concentrés sur le point P<sub>α</sub>. [0045] Le procédé proposé tire toutefois partie de ce que lorsque le modèle de vitesse que l'on utilise reflète correctement la réalité, ces différents points migrés doivent être alignés sur une même portion de réflecteur.

[0046] Or, en faisant l'hypothèse que le réflecteur i que l'on cherche à mettre à jour peut se comparer au réflecteur j qui correspond à la couche mise à jour précédemment (ce qui est d'autant plus proche de la réalité que la courbure résiduelle, est faible), il est possible de caractériser le fait que les points remigrés (P<sub>mi</sub>, P<sub>mi'</sub> sur la figure 3) sont plus ou moins alignés sur une même portion de réflecteur.

[0047] En faisant cette hypothèse, on peut par exemple déterminer le champ de vitesse que l'on recherche en minimisant la distance entre les portions de réflecteur vues par différentes traces de la collection migrée dans l'étape 3 (distance D sur la figure 3), ces portions de réflecteurs étant supposées parallèles ou quasi parallèles au réflecteur j.

[0048] Un autre critère encore peut consister à minimiser les écarts entre les profondeurs des points d'intercepts entre une verticale (par exemple celle à l'aplomb du barycentre des lieux migrés) et les portions de réflecteur plus ou moins parallèles au réflecteur j mis à jour précédemment et passant par les nouveaux points migrés (écart entre les coordonnées Z<sub>i</sub>, Z'<sub>i</sub> sur la figure 3).

[0049] Dans l'un et l'autre cas, les minimisations sont mises en oeuvre en modifiant par itérations successives les paramétrisations du modèle de vitesse.

[0050] À titre d'exemples, les perturbations de paramétrisation utilisées successivement peuvent être déterminées en fonction des tracés de rai calculés lors de chaque nouvelle migration, pour les distances d'offset ou les angles spéculaires considérés, de la façon qui est proposée dans :

- Liu et al., 1994 - "Velocity analysis by perturbation" - Sixty fourth Annual International Meeting, Soc. Expl. Geophys., expended abstracts, 1991-1994;
- Liu et al., 1995 - "Migration velocity analysis : theory and iterative algorithm", Geophysics - 60-142-153 ;
- Wang et al. - "Macro velocity model estimation through model based globally optimised residual curvature analysis" - Expended abstracts - Soc. Expl. Geophys., 1596-1599 (1998), les techniques décrites dans ces articles utilisant le fait que les champs de vitesse v et les profondeurs z des points de réflexion des rai vérifient :

$$\frac{\partial z}{\partial t} = A \frac{\partial t}{\partial v}$$

où t est le temps de trajet du rai et A un paramètre qui est fonction du pendage du sous-sol et est calculable notamment à partir du rai.

[0051] Par ailleurs, le traitement de sélection de la paramétrisation de champ de vitesse peut prendre en considération d'autres critères en plus de l'optimisation de l'alignement de points qui sont migrés à partir de ladite collection de traces.

[0052] Notamment, il est également possible de déterminer, par exemple pour la distance de départ qui correspond au point migré P<sub>mi</sub> le plus proche du réflecteur Ref, la portion de réflecteur qui correspond à ce point P<sub>mi</sub> et qui est parallèle à la couche J mise à jour. Puis, pour chacune des traces de la collection obtenue à l'issue de l'étape 3, on trace le rayon qui se réfléchit sur la portion de ce réflexion No. Les rai ainsi obtenus ont des temps de trajet et des gradients de temps différents de ceux obtenus à l'issue de l'étape 3. Les écarts entre les temps ou gradients de temps obtenus à l'issue de l'étape 3 et ceux obtenus par ces tracés de rai constituent des attributs d'erreurs qui permettent également de caractériser la convergence du champ de vitesse choisi par rapport au champ de vitesse réel.

## Revendications

- 25 1. Procédé pour la mise à jour d'un modèle de vitesse d'un sous-sol, selon lequel :
  - on met en oeuvre sur un ensemble de traces sismiques acquises au droit dudit sous-sol une migration profondeur avant addition des données, cette migration étant mise en oeuvre à l'aide d'au moins un modèle de vitesse de départ et permettant de déterminer une ou plusieurs collection de traces qui décrivent chacune le sous-sol à l'aplomb d'un point de surface, on pointe sur au moins une collection de traces obtenue à l'aide de cette migration un ou plusieurs événements qui se réfléchissent à l'aplomb du point de surface considéré et on détermine pour chaque événement pointé une profondeur et un pendage de réflecteur et un pendage de réflecteur au droit dudit point de surface,
  - on met en oeuvre un tracé de rai entre ce réflecteur et la surface pour déterminer des collections de couples source acoustique-récepteur, ainsi que données caractéristiques des temps de trajet et des gradients temps qui correspondent aux tracés de rai associés à ces couples,

caractérisé en ce qu'on met ensuite en oeuvre un traitement selon lequel on itère les étapes consistant à :

- migrer cinématiquement des données de temps de trajet et de gradient temps obtenues précédemment à l'aide d'une paramétrisation

- du champ de vitesse,
- caractériser l'alignement des points migrés ainsi obtenus,
- mettre à jour la paramétrisation,

le traitement sélectionnant la paramétrisation de champ de vitesse qui optimise l'alignement desdits points migrés.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la migration en profondeur avant addition des données sismiques est mise en oeuvre pour une pluralité de champs de vitesses et **en ce que** pour déterminer la profondeur et le pendage du réflecteur, on sélectionne celui de ces champs de vitesses qui minimise l'écart à l'horizontalité de la courbe profondeur/distance de déport ou de la courbe profondeur/angle spéculaire.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la profondeur de réflecteur est déterminée pour différents déports ou angles spéculaires.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse qui optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données sismiques de temps et de gradient temps, on détermine la distance entre les portions de réflecteur vues pour différents déports, la paramétrisation de champ de vitesse sélectionnée étant celle qui minimise cette distance.

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse qui optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données de temps et de gradient temps, on détermine les différences de profondeurs entre des points d'interception entre une verticale donnée et des portions de réflecteur qui sont parallèles au réflecteur mis à jour précédemment et qui passent par les nouveaux points migrés, la paramétrisation de champ de vitesse sélectionnée étant celle qui minimise cette différence..

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse, :

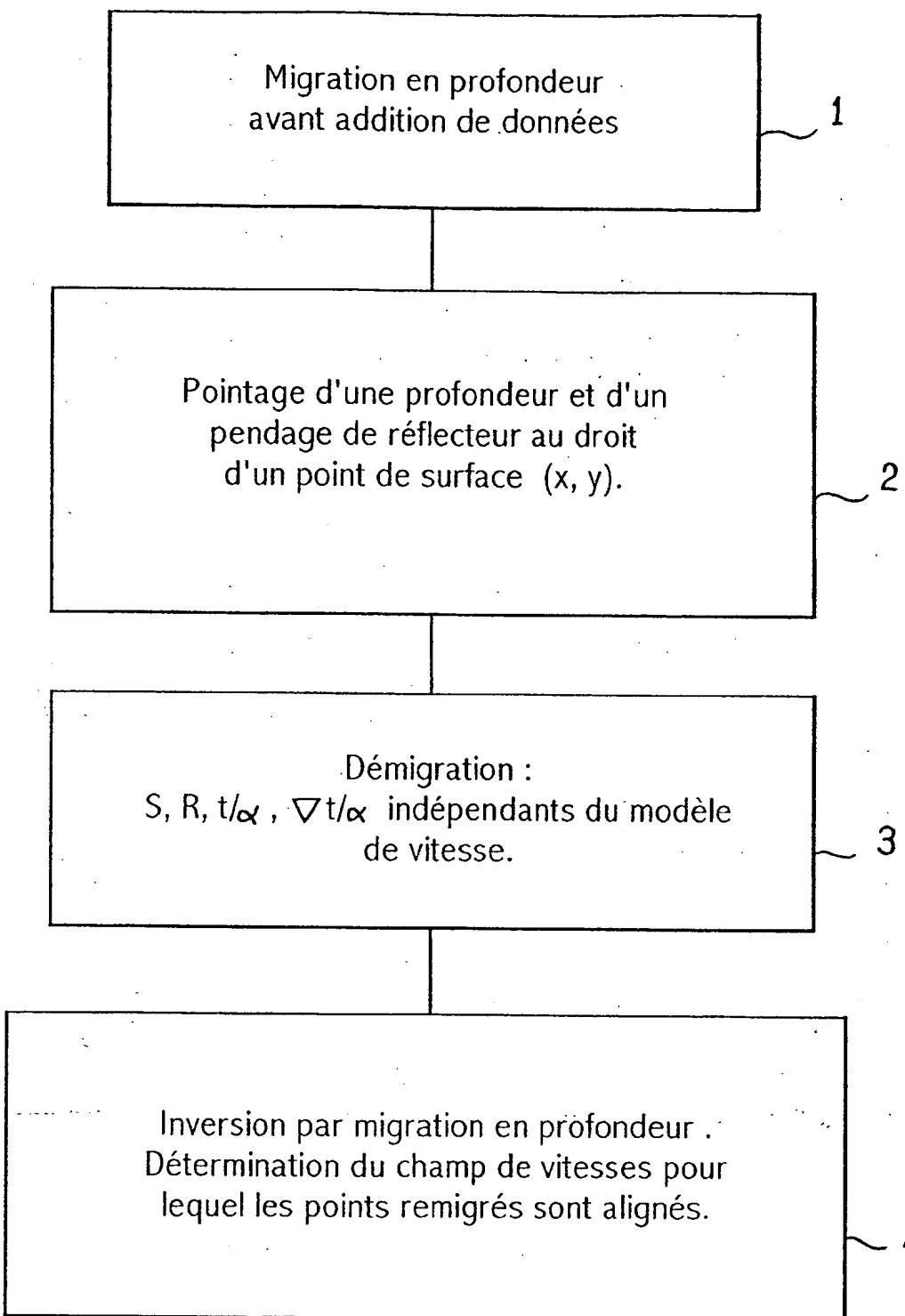
- on détermine pour un point migré un réflecteur local passant par celui-ci,
- on trace les autres rais de la collection entre ce réflecteur local et la surface et
- on détermine une erreur temporelle qui est fonction de l'écart entre le temps de trajet correspondant à au moins un de ces rais et le

temps de trajet de la trace qui dans la collection correspond à la même distance de déport ou au même angle spéculaire,

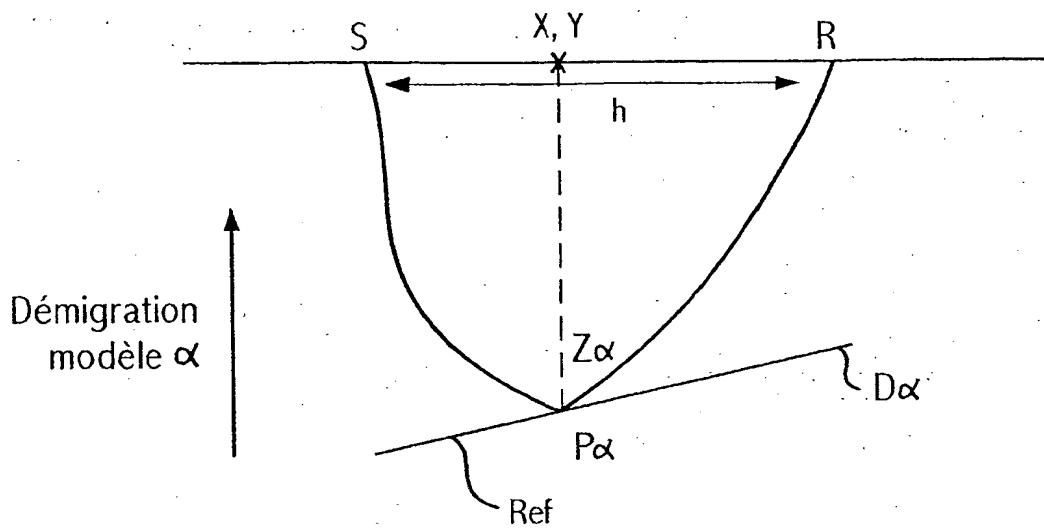
- on sélectionne une paramétrisation de champ de vitesse qui minimise cette erreur temporelle et optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données sismiques temps et de gradient temps.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour sélectionner une paramétrisation du champ de vitesse, :

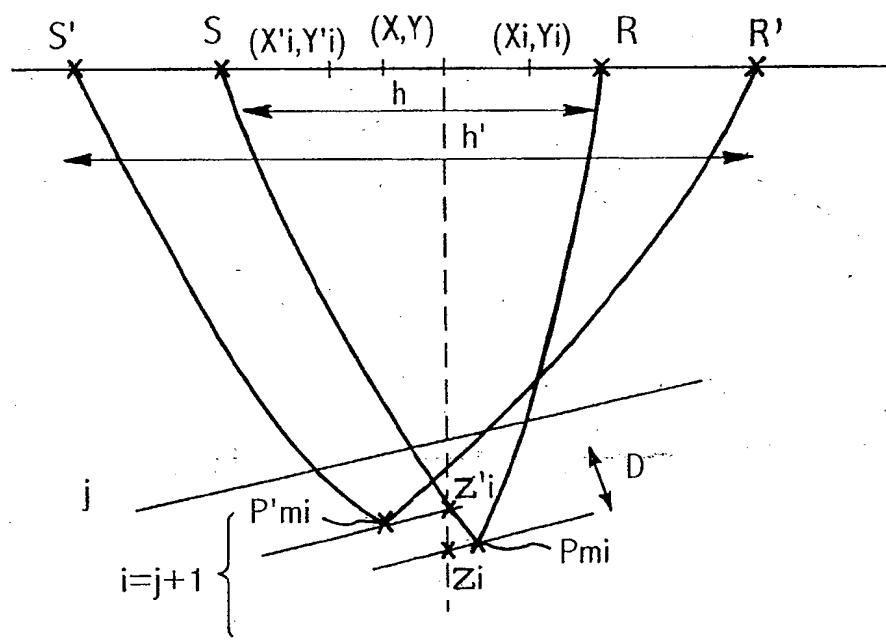
- on détermine pour un point migré un réflecteur passant par celui-ci,
- on trace les autres rais de la collection entre ce réflecteur et la surface et
- on détermine une erreur temporelle qui est fonction de l'écart entre le gradient de temps de trajet correspondant à au moins un de ces rais et le gradient de temps de trajet de la trace qui dans la collection correspond à la même distance de déport ou au même angle spéculaire,
- on sélectionne une paramétrisation de champ de vitesse qui minimise cette erreur temporelle et optimise l'alignement de points qui sont migrés à partir des données sismiques de temps et de gradient temps.



FIG\_1



FIG\_2



FIG\_3



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 02 29 0520

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D, Y	<p>AL-YAHYA K: "VELOCITY ANALYSIS BY ITERATIVE PROFILE MIGRATION" GEOPHYSICS, SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, TULSA, US, vol. 54, no. 6, 1 juin 1989 (1989-06-01), pages 718-729, XP002030424 ISSN: 0016-8033</p> <p>* page 718, colonne de droite, ligne 39 - page 719, colonne de gauche, ligne 11 * * page 720, colonne de droite, ligne 8 - page 722, colonne de droite, ligne 24 *</p> <p>---</p>	1-7	G01V1/30
Y	<p>US 5 570 321 A (BERNITSAS NIKOLAOS) 29 octobre 1996 (1996-10-29)</p> <p>* colonne 5, ligne 63 - colonne 6, ligne 26 * * colonne 11, ligne 35 - colonne 12, ligne 48 * * colonne 13, ligne 44 - ligne 49 * * figure 4 *</p> <p>---</p>	1-7	
A	<p>US 5 640 368 A (KREBS JEROME R) 17 juin 1997 (1997-06-17)</p> <p>* colonne 7, ligne 22 - ligne 63 *</p> <p>---</p>	1-7	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)</p> <p>G01V</p>
A	<p>ECKHARDT W: "VELOCITY MODEL UPDATING USING IMAGE GATHERS" GEOPHYSICAL PROSPECTING, OXFORD, GB, vol. 42, no. 5, 1 juillet 1994 (1994-07-01), pages 975-986, XP000619878</p> <p>---</p>		
P, X	<p>US 6 253 157 B1 (KREBS JEROME R) 26 juin 2001 (2001-06-26)</p> <p>* colonne 9, ligne 6 - ligne 52 *</p> <p>---</p>	1-4	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	7 juin 2002	Swartjes, H	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		
O : arrête-plan technologique	D : cité dans la demande		
P : divulgaion non écrite	L : cité pour d'autres raisons		
	& : membre de la même famille, document correspondant		

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF À LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP. 02 29 0520

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

07-06-2002

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5570321 A 29-10-1996	AUCUN		
US 5640368 A 17-06-1997	CN 1111018 A ,B DE 4426477 A1 FR 2708350 A1 GB 2280508 A ,B NL 9401227 A NO 942667 A SG 49944 A1	01-11-1995 02-02-1995 03-02-1995 01-02-1995 16-02-1995 27-01-1995 15-06-1998	
US 6253157 B1 26-06-2001	AUCUN		

EPO FORM P0490

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**